Ueber den

Einfluss der Dehnung

auf den Ruhestrom des Muskels.

Inaugural-Dissertation

verfasst und der

hohen medicinischen Facultät

der

K. Bayer. Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der Doctorwürde

in der

Medicin, Chirurgie und Geburtshilfe

vorgelegt von

Gustav Horsch

aus Heidelberg.

ACAD.
LUGD.BAT.
BIBL.

Würzburg.
Anton Boegler'sche Buchdruckerei
1899.

Referent:
Herr Geheimrat Professor Dr. Fick.

Meiner lieben Mutter

in

dankbarer Treue

gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549807_0282

Ueber den Einfluss der Dehnung auf den Ruhestrom des Muskels liegen bisher folgende Untersuchungen vor.

Du Bois-Reymond hat zuerst Beobachtungen über Veränderung des Ruhestroms des Muskels durch Dehnung gemacht. Er benützte zu seinen Versuchen den Gastrocnemius des Frosches und verfuhr dabei nach folgender Methode: Er liess dem Muskel bei der Präparation einerseits das untere Ende des Oberschenkelbeines, anderseits ein Stück der Fusswurzel, zog die oberen Sehnen und die Achillessehne durch Schlitze in zwei einander gegenüber aufgestellten Elfenbeinplatten, und entfernte diese von einander mit der nötigen Kraft, während der Strom von den ausserhalb der Platten befindlichen Knochenstücken abgeleitet wurde. Das Ergebnis war, dass der Strom beim Dehnen des Muskels sank, während des Gedehntseins kleiner blieb, und beim Nachlassen wieder anschwoll. Dass es sich dabei nicht um Vermehrung des Widerstandes, sondern um Verminderung der elektromotorischen Kraft handelte, bewies Du Bois-Reymond, indem er den Versuch an dem einen von zwei einander im nämlichen Kreise entgegenwirkenden Muskeln, oder auch mit einem so grossen Widerstande im Kreise anstellte, dass die Vergrösserung des Widerstands des Muskels durch die Dehnung nicht in Betracht kam.

Später haben MEISSNER und COHN den Einfluss der Spannung auf den Ruhestrom des Muskels untersucht. Sie haben den Versuch auch am Gastrocnemius gemacht und dabei folgendes beobachtet: Wenn der sogenannte ruhende Muskelstrom von einem Punkte der Oberfläche des Muskelbauches und von der Sehne abgeleitet wird, und derselbe den Magneten des Galvanometers in dauernder Ablenkung hält, und dann, ohne dass die Ableitungsbedingungen eine Aenderung erleiden, der Muskel in der Richtung gedehnt wird, in welcher die natürliche Contraction erfolgt, also in der Richtung der Längsaxe des Muskels, dann hat nach den Beobachtungen von MEISSNER und COHN die Dehnung des Muskels über seine natürliche Länge nicht unter allen Umständen den gleichen Einfluss auf das Verhalten des ruhenden Muskelstroms. Unter gewissen Verhältnissen fanden sie eine Zunahme, unter anderen Verhältnissen, in der Beschaffenheit des Muskels gelegen, dagegen eine Abnahme der Ablenkung des Magneten; die Dehnungen sind jedesmal mit einer Zunahme der Ablenkung, einer positiven Schwankung verbunden, wie es in der Regel bei den Muskeln frisch eingefangener Frösche der Fall ist. Aber diese positive Schwankung wächst nicht unbegrenzt bei wachsender Dehnung, sondern nimmt bei einem gewissen Grade der Dehnung wieder ab. In diesem Verhalten liegt offenbar der Uebergang zu dem Verhalten, welches die Muskeln matter, lange in Gefangenschaft gehaltener, nicht kräftiger Tiere zeigen, deren Muskeldehnung in der Regel nicht in einer positiven Schwankung, sondern sofort mit einer Abnahme der Ablenkung durch den ruhenden Muskelstrom verbunden ist. Die Methode, welche MEISSNER und COHN bei ihren Versuchen in Anwendung gebracht haben, ist folgende gewesen:

Wenn es gilt, einen Muskel, während er nach dem Galvanometer abgeleitet ist, irgend welchen mechanischen

Einwirkungen auszusetzen, so ist die erste und wichtigste Bedingung, die erfüllt sein muss, die, die Ableitungsvorrichtung so einzurichten, dass bei den dem Muskel zugedachten Einwirkungen die Bedingungen der Stromableitung ganz unverändert bleiben, dass stets dieselben Punkte des Muskels in den Multiplikatorkreis eingeschaltet bleiben, und die Widerstände der Ableitungsvorrichtung keine Aenderung erleiden. Der Muskel wurde in der Mitte seines Bauches mit einem feinen weissen Wollfaden umschlungen, der leicht zugeknüpft wurde, so dass derselbe eine fest anliegende, weder eindrückende, noch leicht verschiebbare Schlinge um den Muskelbauch bildete. Diese Schlinge hat die Bestimmung, die Ableitung vom natürlichen Längsschnitt des Muskels zu übernehmen; von ihr geht ein Fadenende zu dem Zuleitungsgefäss. Ein zweiter Wollfaden wurde mittelst einer Nadel durch eine der Sehnen des Muskels hindurchgezogen, zur Ableitung des natürlichen Querschnitts; dieser Faden verlief zu dem anderen Zuleitungsgefässe. Zu diesen Versuchen schien gerade der Gastrocnemius seiner Form und Grösse wegen, so wie vermöge der starken und langen Sehne am besten geeignet zu sein. Die Präparation des Muskels geschah in der Art, dass der freigelegte Bauch mit seinen beiden Sehnen und mit den Knochenstücken, an denen dieselben festsitzen, im Zusammenhange vom Froschleib getrennt wurde, nachdem die Fäden in der oben beschriebenen Weise befestigt waren. Alsdann wurden die Fäden auf der dem Muskel zugekehrten Hälfte mit geschlagener und filtrierter Eiweisslösung wohldurchtränkt, der Muskel alsdann in vertikaler Richtung aufgehängt, und dann die freien Enden der Wollfäden in die mit Zinkvitriollösung gefüllten Zuleitungsgefässe eingetaucht, nachdem sie bis zur Stelle, wo die Eiweissdurchtränkung begann, mit der gleichen Zinklösung imbibiert worden war. Die

Zuleitungsgefässe sind Kästchen aus dickem Zinkblech, um deren oberen Rand ein in eine Klemmschraube auslaufender Messingrahmen festgelötet ist. Die äussere Fläche und der obere Rand der Kästchen sind gefirnisst, die untere Fläche ist auf eine feste Glasplatte festgekittet, und die innere Oberfläche der Gefässe ist gut amalgamiert. In die eine durchbohrte Seitenwand der Gefässe ist eine rechtwinklig aufwärts gebogene, beiderseits offene Glasröhre eingesetzt, in der danach die Zinklösung ebenso hoch steht, wie in dem Gefässe. Die durch diese Glasröhren gebildeten Ausläufer der Gefässe dienen dazu, entweder die aus cylindrischen Stücken von papierenen Zeichenwischern gebildeten Bäusche aufzunehmen, wenn es sich um einfache Auflagerung eines Teils handelt, oder auch die mit Zinklösung getränkten Enden der Wollfäden. Bei dieser Einrichtung ist verhindert, dass die Fäden bald mehr, bald weniger in die Nähe oder in Berührung mit der amalgamierten Zinkfläche kommen können. Die Kästchen selbst werden mit Glasplatten gedeckt, und so der Verdunstung der Zinklösung vorgebeugt.

Die Stellung der beiden Zuleitungsgefässe wurde mit Sorgfalt immer so reguliert, dass jede Heberwirkung durch die Fäden, wodurch Zinklösung an die Muskel hätte gelangen, oder auch Eiweisslösung hätte entzogen werden können, gänzlich vermieden war. Von dem Muskel verliefen die Fäden frei zu den Glasröhren, in leichtem Bogen hängend, indem die Länge dieser Strecke der Fäden so gewählt wurde, dass sie einerseits nicht unnötig den Widerstand vermehrte, anderseits aber auch die Bewegungen des Muskels frei erfolgen konnten, ohne dass das eingetauchte Ende der Fäden sich zu verrücken brauchte. Die Zinkgefässe wurden für die Dauer der Untersuchung, solange als keine Versuche angestellt wurden, indifferent geschlossen gehalten, und zwar durch

mit Zinkvitriollösung getränkte Wollbüschel, die in die Glasschenkel eintauchten. Von den Klemmschrauben der Zuleitungsgefässe liefen die Drähte zu einem Schlüssel, mit Hilfe dessen der Beobachter den Strom nach Belieben auf das Galvanometer wirken lassen und unterbrechen konnte. Vor diesem Schlüssel ist noch eine Wippe eingeschaltet, deren Umlegen bewirkt, dass der Strom in der einen oder entgegengesetzten Richtung die Rolle des Galvanometers durchströmt. Der Zweck dieser Wippe wird verständlich, sobald man bedenkt, dass der Magnet des zu allen diesen Untersuchungen benutzten Elektrogalvanometers den Variationen des Erdmagnetismus ausgesetzt ist, und also z. B. während einer längeren Zeit andauernden durch einen Strom bewirkten Ablenkung der Magnet möglicherweise seinen Ruhestand merklich geändert haben könnte: Vermutet man dieses, und wünscht man möglichst schnell Auskunft darüber zu erhalten, ohne die Beobachtung der Stromwirkung ganz zu unterbrechen, so wendet man den Strom mit Hilfe jener Wippe; man erhält vermöge der Wirkung der Dämpfung rasch die Ablenkung des Magneten nach der andern Seite und findet den augenblicklichen Ruhestand des Magneten durch Halbierung der Differenz zwischen den beiden Ständen des Magneten, die den beiden Lagen der Wippe entsprechen; die Beobachtung der Stromwirkung kann dann natürlich bei der neuen Lage der Wippe sogleich fortgesetzt werden. Da die Widerstände in der Ableitung natürlich bedeutend sind, ist ein Galvanometer erforderlich von grösserer Empfindlichkeit, als sonst für den Muskelstrom und seine Veränderungen nötig wäre. Dieser Umstand brachte aber keine Schwierigkeit mit sich, da MEISSNER und COHN sich eines Galvanometers bedienten, dessen Einrichtung die Möglichkeit gewährt, dem Magneten jeden gewünschten Grad der Empfindlichkeit mit Leichtigkeit

zu geben. Die Hülfsmagnete wurden soweit gesenkt, dass das Instrument mit der Rolle von 22000 Windungen die Einstellung hatte, wie bei gewöhnlicher Art der Zuleitung für den Nervenstrom erforderlich ist. Der ruhende Muskelstrom lenkte dann den Magneten gewöhnlich um 200—300 Skalenteile ab. Das Fernrohr befand sich von dem Spiegel des Magneten in der Entfernung von 3 Meter, sodass ein Skalenteil nahezu einer halben Bogenminute entsprach.

Die meisten Versuche erforderten zwei Beobachter, den einen am Fernrohr, den anderen zur Ausführung der Reizung am Muskel. Uebrigens befand sich das Fernrohr in so unmittelbarer Nähe von den übrigen Apparaten, dass auch der am Fernrohr befindliche Beobachter die Versuche controllieren und mit dem andern den Platz tauschen konnte.

Der Apparat, in welchem der Muskel aufgehängt wurde, wenn es sich um Dehnung handelte, hat folgende Einrichtung: An dem horizontalen Balken des Stativs sind drei vertikale dreikantige Messingstäbe befestigt, an deren unteren Enden eine dreieckige Elfenbeinplatte festgeschraubt ist. Eine zweite ganz gleiche Elfenbeinplatte ist längs der Messingstäbe verschiebbar, indem dieselbe an den Ecken drei dreieckige Ausschnitte hat, in welchen sie mit möglichst wenig Reibung an den Stäben gleitet. Die erste Elfenbeinplatte ist also fest, die zweite Platte parallel mit jener beweglich. Um die bewegliche Platte durch angehängte Gewichte bewegen zu können, sind an derselben drei nach oben und drei nach unten gerichtete vertikale Messingstäbe befestigt. Die drei oberen laufen zu einem Knopf und Haken zusammen, von wo eine über zwei Rollen geführte Schnur ausgeht, die die Wagschale rechterseits trägt. Durch Belastung dieser Schale wird die bewegliche Platte nach oben gezogen. Zwischen den beiden Elfenbein-

platten soll der Gastrocnemius des Frosches vertikal aufgehängt werden, um durch Verschiebung der beweglichen Platte gedehnt zu werden. Zu diesem Zwecke haben die beiden Platten einen nach vorn gerichteten Einschnitt, der bis in die Mitte der Platte führt und hier mit einer kreisförmigen Erweiterung endigt.

Durch diese beiden Einschnitte werden die beiden Sehnen des genannten Muskels eingeführt, und die beiden Knochenstücke, an denen die Sehnen inserieren, ein Stück des Femur und ein Stück der Fusswurzel, ragen, das eine nach oben, das andre nach unten, aus den Einschnitten der Platten hervor und halten den Muskel zwischen den beiden Platten eingespannt. Um dem eingeführten Muskel zunächst seine vorher gemessene natürliche Länge geben zu können, trägt der eine der drei Stäbe eine Millimeterteilung, und mit Hilfe der Belastung der Wagschalen kann der Muskel leicht auf seine ursprüngliche Länge eingestellt werden. Soll der Muskel dann gedehnt werden, so wird die Wagschale weiter belastet und an der Millimeterskala der Grad der Dehnung abgelesen. Jeden Augenblick kann der Muskel wieder auf seine natürliche Länge zurückgeführt werden.

An einem so beschaffenen Apparate haben Meissner und Cohn eine Anzahl Versuche angestellt; sie glaubten, dabei allen Anforderungen Genüge geleistet zu haben; sie glaubten auch, dass die ganze Versuchsmethode Du Bois-Reymond's der ihrigen in jeder Beziehung nachstehe, sowohl was die Regulierung der Dehnung, die Controllierung der Integrität des Muskels, als auch, was die Ableitung des dem Versuch unterworfenen Muskels nach dem Galvanometer betrifft. Die Angaben von Meissner und Cohn stimmten also schlecht mit den Beobachtungen Du Bois-Reymond's, der bei der Dehnung nur ausnahmsweise eine Zunahme der Kraft hatte erfolgen sehen.

Du Bois-Reymond übt nun an dem Versuchsver-

fahren von Meissner und Cohn folgende Kritik: Er sagt, dass die Art der Ableitung des Gastrocnemius von Meissner und Cohn verwerflich sei, und dass dieselben gerade so verfahren seien, als wenn der Umfang des Muskels mit Einschluss des Achillesspiegels natürlichen Längsschnitt, die beiden sehnigen Enden natürlichen Querschnitt darstellten. Der Strom, den sie nun im Kreise hatten, war aber wesentlich nichts andres, als der Neigungsstrom des unter dem Achillesspiegel verborgenen schrägen natürlichen Querschnitts. Je nachdem das obere oder untere Ende des Muskels abgeleitet wurde, ging der Strom nur von dem Teile des Achillesspiegels oberhalb oder unterhalb der den Muskelbauch umgebenden Schlinge aus; und es kam so immer nur ein Teil der nach aussen wirksamen elektromotorischen Kraft des Muskels zur Verwendung. Jede Verschiebung der Schlinge nach oben oder nach unten, und jede Drehung der Schlinge um den Muskel in ihrer auf dessen Axe senkrechten Ebene musste eine Veränderung des Stromes nach sich ziehen. Da bei der Dehnung des Muskels die Schlinge lose wird und an dem senkrecht aufgestellten Muskel hinabgleiten kann, und jedenfalls der Punkt, wo der ableitende Faden die Muskeloberfläche verlässt, sich verändert; so ist die Beständigkeit der Kraft bei dieser Art von Ableitung, wie sie Meissner und Cohn gebrauchten, nicht gesichert. Das Eiweiss greift die parelektromotorische Schicht am Achillesspiegel an, so dass im Verlauf des Versuchs die Bedingungen ganz andere werden können; alsdann gerinnt das Eiweiss in Berührung mit der Zinklösung, und im Gerinnsel entsteht secundärer Widerstand. Endlich wird der Widerstand durch die Fäden so erhöht, dass Meissner und Cohn der Bussole dieselbe Empfindlichkeit erteilen mussten, wie für den Nervenstrom. Dies hat den Nachteil, dass der Nullpunkt unstetig wird und der Spiegel

langsamer schwingt, so dass die einzelne Beobachtung mehr Zeit erfordert und flüchtige Stromschwankungen sich leichter der Beobachtung entziehen.

Wenn Meissner und Cohn bedacht hätten, dass die beiden Enden des Gastrocnemius nicht, wie am regelmässigen Muskel, die beiden natürlichen Querschnitte vorstellen, dass ebensowenig der Durchschnitt einer die Muskellänge senkrecht hälftenden Ebene mit dem Muskelumfang hier der Aequator ist, würden sie nicht auf eine solche Art der Ableitung verfallen sein. Zwischen Hauptsehne und Achillessehne herrscht nahezu der höchste am unversehrten Muskel vorhandene Spannungsunterschied. Es kann deshalb nichts besser sein, als sich zur Ableitung des Stromes der Knochenstücke zu bedienen, die ausserhalb der Schlitze, worin die Sehnen stecken, sich befinden, und welche die Natur selber doch wohl sicherlich mit bestimmten Punkten der Muskeloberfläche verknüpft hat, als dies mit noch so geschickt angebrachten Fäden glücken kann. Das aus der Fusswurzel zugeschnittene Knochenstück wirkt, wegen der darin enthaltenen Muskeln, leicht für sich elektromotorisch. Man kann aber nicht allein diese Muskeln dadurch der Wirksamkeit berauben, dass man sie wärmestarr macht, sondern man kann auch das Knochenstück entfernen und mittels eines über dem Sesamknorpel und die Achillessehne gebundenen Fadens diesen an die Elfenbeinplatte hinreichend befestigen, um den Muskel bis zur Zerreissung zu spannen. Man kann sogar einfach für die Achillessehne einen so engen Schlitz anwenden, dass der Sesamknorpel nicht hindurchgeht. Das obere Knochenstück lässt sich so frei von Muskelresten herstellen, dass es nicht merklich elektromotorisch wirkt. Eine beständige elektromotorische Kraft, die sich zur Muskelkraft summiert, schadet übrigens nichts, insofern es sich um Schwankungen der Kraft handelt. Nichts

ist dann leichter zu machen, als dass die Thonschilder der Zuleitungsgefässe dem oberen Knochenstück und dem Sesamknorpel bei der Veränderung des Abstandes der Elfenbeinplatten unverrückt anliegen; ist dies nicht der Fall, so entspringt daraus kein Nachteil, weil eine Veränderung der Kraft daraus nicht entstehen kann, der Widerstand des Muskels sich ohnedies ändert, und man sich hier nicht, wie Meissner und Cohn, mit der Beobachtung von Stromstärken begnügen, sondern durch die Methode der Compensation überzeugen wird, dass den beobachteten Schwankungen der Stromstärke auch solche der Kraft entsprechen. Bei dem grossen Widerstande, den sie mit den Eiweissfäden in den Kreis brachten, werden wohl die beobachteten Veränderungen der Stromstärke meist auf solchen der Kraft beruht haben. Wenn man aber, wie Meissner und Cohn, seine Versuche sonst so ausführlich mitteilt, und dabei zu sagen versäumt, wie man dazu kommt, ohne weiteres Schwankungen der Stromstärke für solche der Kraft zu nehmen, so setzt man sich dem Verdacht aus, dass man die Notwendigkeit der letzteren Begründung übersehen habe. — Soviel über die Kritik der Versuche von Meissner und Cohn. Bei den neuen Versuchen, welche Du Bois-Reymond machte, kam er zu demselben Resultat, wie früher, dass nämlich Dehnung des ruhenden Muskels Abnahme des Ruhestroms bewirkte.

Diese Angaben von Du Bois-Reymond sind bestätigt worden durch spätere Untersuchungen von Schenk, und zwar mit Anwendung einer ganz anderen Methode. Zur Beobachtung der Untersuchungen, die Schenk zuerst ebenfalls am Gastrocnemius des Frosches machte, benützte er Lippmann's Capillar-Elektrometer. Dasselbe besteht aus einer senkrecht stehenden, beiderseits offenen Glasröhre, die am unteren Ende zu einer Capillare ausgezogen und etwa bis zur Hälfte mit Quecksilber ge-

füllt ist. Das Quecksilber fliesst nicht durch die Capillare aus, sein unterer Meniscus steht im Capillarrohr und grenzt an angesäuertes Wasser. Das Glasrohr taucht mit seinem unteren Ende in ein Gefäss, in dem sich das angesäuerte Wasser befindet. Leitet man einen elektrischen Strom in der Richtung von dem angesäuerten Wasser zum Quecksilber hindurch, so wird durch Polarisation an der Grenze von Quecksilber und Wasser in der Capillare die Capillaritätskonstante geändert und in Folge dessen steigt der Quecksilbermeniskus. Die Bewegung des Meniskus wird alsdann durch das Mikroskop beobachtet.

Es wurde abgeleitet von einer Stelle ungefähr in der Mitte des Muskels und von einem an einem Ende angebrachten thermischen Querschnitt, der dadurch hergestellt wurde, dass ein Stück des betreffenden Endes des Muskels in Wasser von 45°—50° einige Minuten hindurch eingetaucht wurde. Die Verbindung des Präparates mit der Leitung zum Elektrometer geschah durch Thonstiefelelektroden; die Thonstiefel wurden nicht direkt dem Präparat angelegt, sondern durch Baumwollfäden, die mit 0,6%tiger Kochsalzlösung getränkt waren, damit verbunden.

Die Stiefelelektroden, welche die Enden der Leitungsdrähte darstellen, die mit den Baumwollfäden verknüpft werden, sind so beschaffen, dass ein mit dem Zuleitungsdraht verbundener amalgamierter Zinkstab in ein Glasröhrchen ragt, dessen untere Oeffnung mit einem Pfropf von Kochsalzthon verschlossen, und das mit einer concentrierten Lösung von schwefelsaurem Zink gefüllt ist. Die Elektroden sind durch Kugelgelenke an einem Messingstativ befestigt, so dass ihnen leicht jede Lage gegeben werden kann. Der Thonpfropf, der fein zugespitzt wird, kommt in Berührung mit dem freien Ende der Baumwollfäden.

Der Muskel wurde in der feuchten Kammer senkrecht aufgehängt, das untere Ende verbunden durch einen leichten durch den Boden der Kammer hindurch führenden Draht mit einem isotonischen Schreibhebel. Die Dehnung wird erreicht, indem man an dem Schreibhebel mit einem Faden einen Zug ausübt.

Alle diese Versuche von SCHENK lieferten immer eine Bestätigung der Angaben DU BOIS-REYMOND's. Die gewonnenen Resultate lassen sich aber doch nicht ohne weiteres in einem allgemein gültigen Satze aussprechen, weil bei allen bisher beschriebenen Versuchen nur der Gastrocnemius verwendet wurde; und zwar deshalb nicht, weil bekanntlich der Gastrocnemius von sehr verwickeltem Bau ist und gerade dieser unregelmässige Bau ein Grund dafür sein kann, dass sich elektromotorische Erscheinungen zeigen, die bei regelmässig gebautem Muskel nicht zu beobachten sind. Man musste deshalb untersuchen, ob ein regelmässig gebauter Muskel sich ebenso verhält, wie der Gastrocnemius.

SCHENK wählte deshalb bei seinen neuen Versuchen den Sartorius des Frosches, ebenfalls mit thermischem Querschnitt, und erhielt bei derselben Anordnung wie beim Gastrocnemius auch das gleiche Resultat: Abnahme des Ruhestroms durch die Dehnung.

Die bisherigen Versuche haben, soweit sie nicht mit Fehlern behaftet waren, ergeben, dass bei der Dehnung des Muskels der Ruhestrom abnimmt. Die Ursache dieser Erscheinung kann eine doppelte sein: Entweder könnte durch die Dehnung der künstliche Querschnitt so verändert werden, dass seine Negativität vermindert wird und infolge dessen der Ruhestrom abnimmt, oder aber es könnte die unversehrte Längsoberfläche des Muskels durch die Dehnung so verändert werden, dass sie im Vergleich zu der des ungedehnten Muskels negativ wird.

Meine Versuche sollen nun die Frage entscheiden,

welche von beiden Möglichkeiten zutrifft. Die Versuchsanordnung bestand im Allgemeinen darin, dass der zu den Versuchen benutzte aus dem Körper ausgeschnittene Froschsartorius in seiner Mitte festgehalten wurde. Von der einen Hälfte des Muskels wurde zur einen, von der anderen zur anderen Elektrode abgeleitet. Da der Muskel nicht verletzt war, so ergab sich in dieser Anordnung zunächst kein Ruhestrom. Nun wurde die eine Hälfte des Muskels gedehnt, während die andere ungedehnt blieb, und es wurde beobachtet, ob diese partielle Dehnung des Muskels einen Ruhestrom in dem Sinne zur Folge hatte, dass die gedehnte Partie sich negativ zur ungedehnten verhielt. Im einzelnen gestaltete sich die Versuchsanordnung folgenderweise: Eine Schwierigkeit bestand vor allem in der Präparation des Sartorius, wobei jegliche Quetschung und Zerrung der Präparate, wie auch eine Berührung mit den Instrumenten so gut als möglich vermieden werden musste; man muss etwas Uebung in der Herstellung des Präparats haben, um möglichst ohne Zeitverlust arbeiten zu können, so dass die Präparate an der Luft nicht austrocknen und dadurch geschädigt werden; sollte letzteres der Fall sein, so pinselt man etwas physiologische Kochsalzlösung auf. Erst wenn ein Präparat auf solch' sorgfältige Weise hergestellt worden ist, kann es als für den Versuch geeignet angesehen werden.

Bei meinen Versuchen wurde der Sartorius auf ein Korkstück gebracht, das an einem Stativ befestigt war, und gegen das Korkstück angedrückt gehalten durch einen Faden, der quer über die Mitte des Muskels gespannt war, und so auf den Muskel drückt. Auf diese Weise war die Mitte des Muskels fixiert. Nun wurde die Längsoberfläche der einen Hälfte des Muskels direkt an den Thon der einen Thonstiefelelektrode angelegt. Um die Längsoberfläche der anderen Hälfte dagegen

wurde der mit Kochsalzlösung getränkte Baumwollfaden geschlungen, der die Verbindung mit der anderen Thonstiefelelektrode herstellte. An das Ende dieser Muskelhälfte wurde nun weiter ein kleines Muskelhäkchen befestigt, von dem aus ein Faden über eine Rolle führte. Der Faden trug an seinem freien herabhängenden Ende eine leichte Wagschale, auf die das den Muskel dehnende Gewicht zu bringen war. Das Gewicht betrug 20 gr, weil eine grössere Last durch die festgeklemmte Mitte nicht getragen wurde, ohne dass eine Verschiebung eintrat.

Bei allen Versuchen, die unter solchen Bedingungen angestellt wurden, waren immer zwei Personen nötig; der eine musste durch's Mikroskop etwaige Bewegungen des Quecksilbermeniskus beobachten, der andere hatte die Aufgabe, durch Belastung und Entlastung der Wagschale den Muskel zu dehnen und zu entspannen. Meine Versuche unterscheiden sich dadurch von den früheren, dass ein Teil des unversehrten Muskels gedehnt wurde, während das andere Stück durch die Fixation auf dem Kork entspannt blieb. Es hat sich immer ergeben, dass durch Dehnung und Entlastung keine Spur von Strom nachzuweisen war.

Nicht alle von den sämtlichen Versuchen, die auf solche Weise angestellt wurden, sind unzweifelhaft sicher gelungen und daher als beweisend anzusehen; denn es kam hie und da vor, dass der Sartorius bei der Präparation verletzt wurde, wenn auch nur in geringem Masse, aber immer so, dass er einen merklichen Ruhestrom gab. Als beweisend können wir dann nur die Versuche ansehen, bei denen sicher kein Ruhestrom beobachtet wurde, oder höchstens nur eine ganz geringe Spur eines solchen. Im Ganzen haben wir 16 derartig gelungene Versuche gemacht, und bei diesen 16 Versuchen hat sich auch unzweifelhaft herausgestellt, dass die partielle

Dehnung des Muskels keine Spur von Strom zu Stande brachte.

Aus diesen Versuchsresultaten ist zu schliessen, dass es nicht eine Veränderung des elektrischen Verhaltens der Längsoberfläche ist, welche die bei der Dehnung zu beobachtende Abnahme des Ruhestroms verursachte, sondern dass vielmehr eine Veränderung des elektrischen Verhaltens des künstlichen Querschnitts durch die Dehnung bewirkt wird. Die Negativität des Querschnitts nimmt also bei der Dehnung ab. Diese Abnahme der Negativität ist möglicherweise in Beziehung zu bringen zu den früheren Beobachtungen von MEISSNER und COHN, sowie von SCHENK, aus denen hervorgeht, dass auch die negative Schwankung des tetanisierten Muskels durch die Dehnung verringert wird. Diese Verringerung der negativen Schwankung beruht auf einer Beeinflussung des Erregungsprozesses des Muskels, derzufolge die Negativität der erregten Muskelstelle durch die Dehnung geringer wird. Wir können also den Satz aufstellen: dass sowohl die durch das Absterben bedingte Negativität, als auch die auf Erregung beruhende Negativität durch die Dehnung vermindert wird. Dies wird nun verständlich, wenn man bedenkt, dass nach der herrschenden Ansicht die Negativität in den beiden Fällen auf gleichartigen Prozessen beruht.

Zum Schlusse bin ich noch Herrn Dr. SCHENK für die Anregung zu dieser Arbeit und für sein jeder Zeit gütiges Entgegenkommen, wie auch Herrn Geheimrat Professor Dr. FICK für die gute Aufnahme, die ich im physiologischen Institut gefunden habe, zum grössten Danke verpflichtet.